

20 Merilni mostič

20.1 Ozadje

Merilni mostič je vezje, ki je skupaj z diferenčnim ojačevalnikom namenjeno merjenju majhnih sprememb električnih lastnosti elementov (upornosti ali reaktance). Njegovo vezje in priključki so na sliki 20.1. Privzemimo, da je upornost elementa R_x linearno odvisna od merjene fizikalne veličine in je podana z $R_x = R_n + \delta$ ter da mostič napajamo z izmenično napetostjo AC. Velikost signala v točki A (desni delilnik napetosti) je zato:

$$A = AC \frac{(R_n + \delta)}{(2R_n + \delta)}$$

Ker je težko opazovati majhne spremembe amplitude signala A zaradi sprememb vrednosti elementa R_x , postavimo ob desni delilnik še en delilnik, vrednosti elementov v tem so konstantne in izbrane tako, da je velikost signala v točki B enaka $B = AC/2$ (toliko znaša tudi velikost signala v točki A takrat, ko je $\delta = 0$; pravimo, da je mostič v ravnotežju). Izhodna napetost Y mostiča, ki je enaka razliki napetosti med priključkoma B in A s slike 20.1, je za majhne spremembe δ linearno odvisna od merjene fizikalne količine:

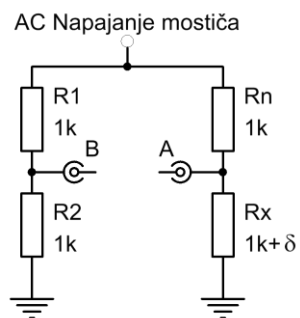
$$Y = AC \cdot \delta / 2R_n$$

Takšne majhne napetosti lahko ojačimo in natančno pomerimo. Uporabimo lahko diferenčni ojačevalnik; ta zna hkrati poiskati razliko dveh signalov ($B-A$) in to razliko pomnožiti z željenim faktorjem.

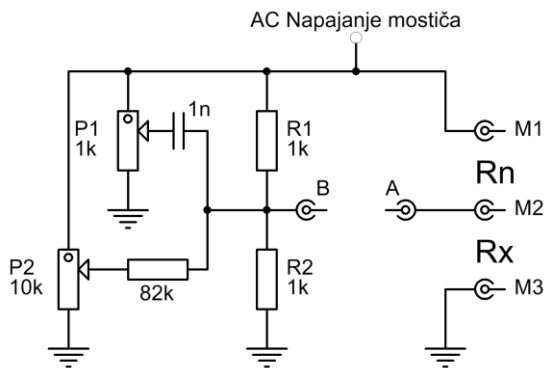
Mostič napajamo z izmeničnim signalom zato, da bi se izognili napakam zaradi termičnih napetosti med različnimi kovinami v vezju. Prav tako se z izbiro izmeničnega napajanja izognemo slabostim operacijskega ojačevalnika v diferenčnem ojačevalniku, ki so najbolj izrazite pri enosmernih signalih (ofsetna napetost in šum sta največja pri enosmernih signalih).

Če želimo meriti majhne spremembe fizikalne količine, se zdi smiselno mostič najprej prirediti tako, da bo velikost izhodnega signala Y enaka nič takrat, ko ima merjena fizikalna količina začetno (referenčno) vrednost; pravimo, da mostič uravnotežimo. Takrat velja: $R_1/R_2 = R_n/R_x$. V vezju na sliki 20.1 so vrednosti elementov že pravilno izbrane. Izkaže se, da je mostič najbolj občutljiv za spremembe δ takrat, ko je $R_x \approx R_n$.

Ker vrednosti elementov nikoli niso natančno take kot jih zahteva teorija, se zdi smiselno mostič dopolniti z elementi, ki omogočajo uravnoteženje, slika 20.2. Zaradi AC napajanja mostiča bo do uravnoteženja prišlo takrat, ko bosta enaki amplitudi in fazi signalov v točkah A in B; mostič bomo torej morali uravnotežiti posebej za fazo in posebej za amplitudo signalov. Nastavitvi sta zato ločeni in dosegljivi na dveh potenciometrih P1 in P2; nastavitvi sta delno odvisni druga od druge in potrebno je nekaj



SLIKA 20.1: MERILNI MOSTIČ



SLIKA 20.2: MERILNI MOSTIČ Z VEZJEM ZA URAVNOTEŽENJE

iteracij za dobro uravnoveženje. Vrednosti elementov so izbrane tako, da omogočajo zadovoljivo uravnoveženje pri frekvencah od približno 1kHz do 30 kHz (velja za naše eksperimente).

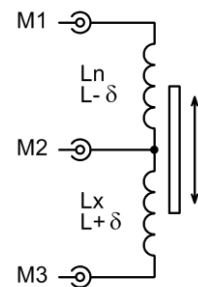
Namesto dveh upornikov lahko v desni delilnik mostiča vežemo tudi druge elemente, katerih vrednost se spreminja zaradi merjene veličine. Z dvema kondenzatorjema bi lahko, na primer, merili majhne spremembe kapacitivnosti zaradi spremembe dielektričnih lastnosti izolatorja v kondenzatorju.

V merilni mostič lahko namesto desnega delilnika napetosti vstavimo dve tuljavi in z njima naredimo merilnik majhnih premikov. Obe tuljavi naj imata skupno feritno jedro. Jedro je dovolj veliko, da ga polovica sega v vsako tuljavo, slika 20.3 (položaj jedra lahko nastaviš z vijakom). Premik jedra v osi tuljavic spremeni razmere: za toliko, kolikor se poveča induktivnost spodnje tuljavice (δ), se zmanjša induktivnost zgornje. Za izhodno napetost Y mostiča zato velja:

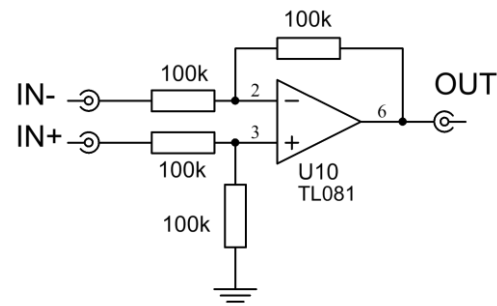
$$Y = AC \cdot \delta / 2L$$

Na videz so razmere idealne: amplituda izhodne napetosti je sorazmerna premiku feritnega jedra in napetost Y je v fazi z napajalno napetostjo AC . Vendar bi morali upoštevati tudi to, da ima tuljavica poleg induktivnosti še upornost. Takrat razmere niso več tako idealne in merilni mostič je treba dodatno uravnovežiti po fazi.

Diferenčni ojačevalnik je lahko enostaven, sestavljen iz štirih upornikov in enega operacijskega ojačevalnika, kot je to narisano na sliki 20.4.



SLIKA 20.3: DESNI DELILNIK NAPETOSTI, SESTAVLJEN IZ DVEH TULJAVIC Z GIBLJIVIM JEDROM

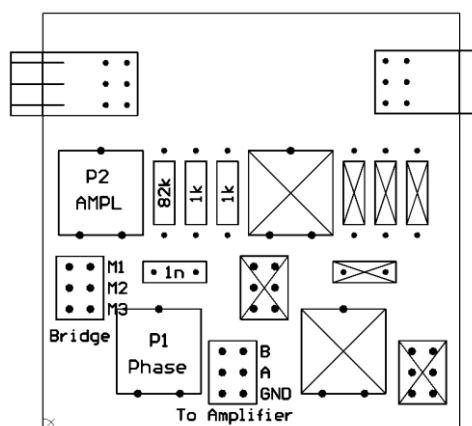


SLIKA 20.3: DIFERENČNI OJAČEVALNIK IZRAČUNA RAZLIKO MED SIGNALOMA B IN A TER JO OJAČI

20.2 Naloga

20.2.1 Sestavi vezje merilnega mostiča in ga preskusi

- ✓ Uporabi že sestavljeno vezje s slike 20.2, katerega razpored elementov najdeš na sliki 20.4.



SLIKA 20.4: RAZPORED ELEMENTOV NA PLOŠČICI MERILNEGA MOSTIČA; DESNI DELILNIK NAPETOSTI PRIKLJUČI MED TOČKE M1, M2 IN M3, NAPAJANJE MOSTIČA PRIKLJUČI NA TOČKO M1

- ✓ Za začetek sestavi desni delilnik napetosti iz dveh upornikov $R = 1k$. Za napajanje uporabi signal iz funkcijskega generatorja, nastavi njegovo frekvenco na 10kHz in amplitudo na 5V.
- ✓ Priključi izhoda A in B merilnega mostiča na diferenčni ojačevalnik (vhodna priključka $IN+$ in $IN-$) ter opazuj izhodni signal OUT . S potenciometroma P1 in P2 uravnateži merilni mostič tako, da bo amplituda signala na izhodu OUT enaka nič. Morda bo potrebnih nekaj iteracij za popolno uravnateženje. Nato pogrej enega od upornikov z roko, vendar ne naredi stika med priključki gretega upornika. Kaj opaziš na izhodu OUT ?
- ✓ Za merjenje pomikov priključi med M1 do M3 dve tuljavici s pomičnim feritnim jedrom po sliki 20.3 ter na mostič priključi napajalno napetost s funkcijskega generatorja. Amplituda napajalne napetosti naj bo 5V, frekvenca pa 20kHz. Mostič uravnateži s potenciometroma P1 in P2. Preveri, če je izhodna napetost OUT odvisna od položaja jedra v tuljavicah. Pri stiskanju sensorja bodi previden: če senzor s tuljavicama stisneš s strani, se jedro v tuljavicah zatakne in popusti, zato stiskaj ali razteguj senzor le v smeri njegove osi za največ 1mm.
- ✓ Za tehtnico lahko priključiš posebej sestavljeni plošči tiskanega vezja z daljšima izjedkanima vodnikoma, ki predstavljata ekvivalent dvema upornikoma iz prvega dela eksperimenta. Upornost vsakega od upornikov je nekaj deset Ω , kar močno obremenjuje funkcijski generator; zmanjšaj amplitudo napajalne napetosti na vrednost, ko je njena oblika še sinusna. Mostič spet uravnateži s potenciometroma, nato opazuj izhodno napetost OUT in obremeni tiskani vezji tako, da se rahlo ukrivita. Kaj opaziš?